

TYÖSTÖKONEEN MALLINTAMINEN JA LISÄÄMINEN CAM-OHJELMAAN

Jarmo Kallio

Opinnäytetyö
Helmikuu 2015
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit
tuotantojärjestelmät

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät

KALLIO, JARMO:

Työstökoneen mallintaminen ja lisääminen CAM-ohjelmaan

Opinnäytetyö 30 sivua
Helmikuu 2015

Nykyään koneistusohjelmien tekemisessä käytetään apuna usein tietokonetta, jolla koneistusohjelmia pystytään tekemään niin, että ei olla sidoksissa mihinkään tiettyyn paikkaan, vaan ohjelma pystytään lähettämään koneistuskoneelle ohjelmoinnin jälkeen. Koneistusohjelmien tekemiseen käytetään CAM-ohjelmia (Computer-aided manufacturing), jotka ovat nykyaikana hyvin kehittyneitä. CAM-ohjelmiin usein kuuluu simulointi, jolla pystytään tarkastelemaan muun muassa työstöratoja, koneenliikkeitä, törmäystarkastelua ja koneaikaa.

Simulointi vaatii kuitenkin konemallin käytettävästä koneesta, jotta tarkastelussa nähtäisiin koko kokonaisuus työstötapahtumasta.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia konemallien saatavuutta Tampereen ammattikorkeakoulun tuotantotekniikan koulutuksen käyttöön. Konemallit oli tarkoitus hankkia kaikille koulun opetuskäytössä oleville työstökoneille uutta GibbsCAM-ohjelmaa varten, jonka koulu on hankkinut.

Opinnäytetyössä käsitellään konemallien hankkimista, konemallien muokkaamista haluttuun muotoon ja konemallin mallintamista. Konemallit kahteen koneeseen saatiin maahantuoilta, mutta yhteen koneeseen konemalli piti mallintaa. Maahantuoilta hankitut konemallit kuitenkin jouduttiin yksinkertaistamaan simulointia varten. Konemallien yksinkertaistamiseen ja yhden koneen konemallin mallintamiseen tässä opinnäytetyöprosessissa käytettiin Autodesk Inventor nimistä CAD-ohjelmaa (Computer-aided design).

Konemallien ansiosta tuotantotekniikan opetus saa käyttöönsä CAM-ohjelmassa simuloinnin, jossa näkyy koko kone eikä vain työkalu. Tämä mahdollistaa tarkemman ja kattavamman koneistusohjelman tarkastelun. Näin pystytään myös näyttämään opiskelijoille miten työelämässä näitä asioita toteutetaan.

ABSTRACT

Tampereen Ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production Engineering

JARMO KALLIO:

Modeling of machine tool and the adding into CAM program

Bachelor's thesis 30 pages, appendices 0 pages
February 2015

Nowadays it is common to use separate computers with regards to machining programming due to which the programming is not dependent on a certain location. Instead, the machining program can be sent to a CNC machine after programming is completed on the separate computer. Machining programming is supported by CAM programs which are highly advanced these days. Simulation, which is usually a part of CAM programs, allows optimal studying of among others machining routes, movements of the machine, collisions and machining time. However, the realization of simulation requires a machine model of the used machine in order to ensure the presentation of the entire machining process during the simulation.

The purpose of this thesis was to study the availability of machine models that would be used for educational purposes within the program for Production Engineering at Tampere university of applied sciences. The intention was to acquire machine models for a new GibbsCAM program that Tampere university of applied sciences had purchased for three CNC machines which are used for training.

This thesis covers and analyzes the process of finding and purchasing, as well as editing and modeling of machine models. At the beginning of this study was discovered that the machine models for two machines were available and could be acquired from the manufacturer. For the third machine, however, the machine model was not available due to which the model needed to be created. Next to this, the machine models received from the manufacturer required simplifying in order to achieve optimal simulation. Within this thesis a CAD program called Autodesk Inventor was used for simplifying the existing machine models and for creating a required machine model for the third machine.

Due to the simplified and created machine models it is now possible to use simulation within the CAM program that allows a presentation of not only a tool but the entire machine. The improved simulation ensures more detailed and optimal studying of the machining programming. The machine models are currently available for training purposes within the educational program for Production Engineering at Tampere university of applied sciences. Due to this, it is possible to demonstrate to the students how the simulation is realized within an actual production process.

Key words: machine model, simulation, CAD/CAM programs

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	YRITYSESITTELY: TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU	6
	Tuotantotekniikan opintopolku	6
3	CAD/CAM-OJELMOINTI	7
3.1	CAD/CAM-ohjelmoinnin historia	7
3.2	CAD/CAM-ohjelmoinnin nykytila	8
3.3	Konemallien hyödyt simuloinnissa.....	8
4	KOULUN KÄYTÖSSÄ OLEVAT TYÖSTÖKONEET	10
4.1	Emco-sorvi.....	10
4.2	Bridgeport-työstökeskus	11
4.3	Deckel-Maho -työstökeskus	12
5	CENIC FINLAND OY JA CIBBSCAM-OHJELMA.....	14
6	GIBBSCAM-OHJELMAN VAATIMUKSET KONEMALLILTA.....	15
7	KONEMALLIT	16
7.1	Emcon konemalli	16
7.2	Bridgeportin konemalli	22
8	POHDINTA.....	28
	LÄHTEET	30

1 JOHDANTO

Tampereen ammattikorkeakoulun konetekniikan osaston tuotantotekniikan laboratoriossa sijaitsee kaksi opetuskäytössä olevaa CNC-ohjattua työstökoneetta, joista toinen on vaakakarainen sorvi ja toinen pystykarainen työstökeskus. Näiden lisäksi Tampereen Ammattikorkeakoulun osaomistuksessa on Fastems Oy:n koulutuskeskuksessa sijaitseva CNC-ohjattu vaakakarainen työstökeskus. Näillä työstökoneilla oppilaat pääsevät tekemään ohjelmointiharjoituksia sekä testaamaan kuinka heidän tekemistään ohjelmointiharjoituksista pystytään koneistamaan todellisia kappaleita. Tampereen ammattikorkeakoululla on nyt myös käytössä uusi GibbsCAM CAM-ohjelma, jolla näitä koneita pystytään etäohjelmoimaan koulun luokasta. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tutkia konemallien saamista uuden CAM-ohjelman simulointia varten, sekä CAM-ohjelman tarvitseman kinematiikan luomista, jota ohjelma tarvitsee konemallien ymmärtämiseksi. Tarkoitus on hankkia myös työstökoneista 3D-konemallit tai mallintaa konemallit sellaisiin työstökoneisiin, joihin konemalleja ei ole saatavana. Tämä työ sisältää myös tutkimusta mallinnuksen osalta, esimerkiksi millaisia vaatimuksia CAM-ohjelma asettaa konemalleille. Opinnäytetyö laitettiin käyntiin Tampereen ammattikorkeakoulun tuntiopettajan Joni Niemisen toimeksiannosta.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada Tampereen Ammattikorkeakoululle konetekniikan osaston tuotantotekniikan opetuksen käyttöön konemallit, joita pystytään hyödyntämään uuden GibbsCAM-ohjelman simuloinnissa.

2 YRITYSESITTELY: TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tampereen Ammattikorkeakoulu (TAMK) tarjoaa opiskelupaikan noin 10000 opiskelijalle kuudella koulutusalailla. Päätoimipaikka sijaitsee Tampereella. Lisäksi koulutusta tarjotaan tukipaikkakunnilla eripuolilla Pirkanmaata esimerkiksi Ikaalisissa, Mänttä-Vilppulassa ja Virroilla.

TAMKin koulutus painottuu erityisesti tekniikkaan, hyvinvointipalveluihin, liiketalouteen ja kulttuuriin. Osana TAMKia toimii myös Tampereen ammatillinen opettajakorkeakoulu, jossa voi suorittaa opettajan ja ammatillisen erityisopettajan kelpoisuuden. Lisäksi TAMK tarjoaa monipuoliset mahdollisuudet osaamisen ylläpitämiseen erilaisissa täydennyskoulutusohjelmissa.

Ammattikorkeakoulun tehtäviin kuuluu myös soveltava tutkimus- ja kehitystoiminta, sekä työelämälähtöinen palvelutoiminta. (Tampereen Ammattikorkeakoulu 2014)

Tuotantotekniikan opintopolku

Tampereen Ammattikorkeakoulun konetekniikan osastolla opiskelee vuosittain noin 480 opiskelijaa näistä noin 140 opiskelevat tuotantotekniikkaa. Tuotantotekniikan laboratoriossa on oppilaiden käytettävissä CNC-sorvi ja CNC-työstökeskus. Näillä voidaan opetustilanteessa luoda todellista vastaava tuotantotilanne. Tuotantotekniikan opiskelijat käyttävät Catia V5 CAD-ohjelmaa mallintaessaan harjoituskappaleitaan.

Mallinnetut kappaleet tuodaan GibbsCAM-ohjelmaan, jossa määritetään kappaleen työstöradat, työkalutiedot ja työstöarvot. Kun kaikki edellä mainitut tekijät ovat määritelty, voidaan ohjelmassa simuloida kappaleen koneistustapahtuma. Simuloinnissa nähdään noin pääpiirteittäin ovatko työstöradat onnistuneet ja tuleeko törmäyksiä.

3 CAD/CAM-OJELMOINTI

CAD-mallinnus on tietokoneavusteista suunnittelua. Tämä vastaa samaa asiaa kuin ennen suunnittelijat piirsivät piirustukset kynän ja piirtopöydän avulla. Moni asia on helpottunut ja nopeutunut noista ajoista.

CAD-mallinnus on nykyään käytössä käytännössä kaikissa yrityksissä, joissa tehdään suunnittelua tai piirtämistä. Uudempana innovaationa tällä saralla voidaan pitää 3D mallintamista, jota nykyisin käyttää kaikki isommat yritykset. Niin sanottua 2D-piirtämistä tehdään vielä monessa pienemmässä yrityksessä. Nämä eivät kuitenkaan ole uusia keksintöjä.

CAM-ohjelmointi on tietokoneavusteista työstöä, joka tarkoittaa sitä, että CNC-työstökoneelle tehdään työstöohjelma tietokoneohjelman avulla. Aikaisemmin CNC-koneen käyttäjät ohjelmoivat koneensa CNC-koneen näyttöpäätteen ja ohjelmointipaneelin kautta. CAM-ohjelmat kuitenkin mahdollistavat sen, että ohjelmointia voidaan tehdä melkein missä tahansa, eikä se ole riippuvaista CNC-koneen sijainnista. CAM-ohjelmointi tehdään tietokoneella, ja tietokoneessa oleva postproessori ohjelma kääntää ohjelman G-koodiksi jota CNC-kone ymmärtää. Tämän jälkeen ohjelma siirretään CNC-koneen muistiin.

CAD- ja CAM-ohjelmat tunnetaan usein samana käsitteenä, vaikka ne eivät sitä olekaan. Tästä syystä ne kulkevat historiassakin hyvin pitkälle käsi kädessä.

3.1 CAD/CAM-ohjelmoinnin historia

CAD-mallinnuksen historia kytkeytyy kiinteästi tietokoneen historiaan. Tietokoneet kehittyivät 1950-luvulta hinta-laatusuhteeltaan sellaiselle tasolle, että niitä pystyttiin käyttämään suunnittelun apuna. Ensimmäisiä tietokoneavusteisen suunnittelun sovelluksia alettiin käyttää Yhdysvalloissa auto- ja lentokoneteollisuudessa 1970-luvulla. Ensimmäinen CAM-ohjelma nimeltä Pronto kehitettiin jo vuonna 1957. Ensimmäinen 3D-sovellus nähtiin jo 1970-luvun puolessavälissä, mutta se oli hyvin alkeellinen. (Insinööritoimisto Olof Granlund Oy, Weisberg, D.E 2008, 28–50)

Suomessa tietokoneavusteinen suunnittelu yleistyi 1980-luvun alussa ja kehittyi koko vuosikymmenen ajan. Autodesk on yhdysvaltalainen yritys, joka toi markkinoille AutoCad-ohjelmiston. AutoCad-ohjelmisto yleistyi nopeasti Suomessa 1990-luvulla, mutta kyseessä oli edelleen niin sanottu 2D-ohjelma. AutoCad-ohjelmistossa oli jo 1990-luvun lopulla mahdollisuus rakentaa 3D-malli, mutta sen toteuttaminen oli vielä melko hankalaa ja kömpelöä. 3D-mallintaminen rantautui Suomeen vahvasti 2000-luvun alkupuolella ja tämän jälkeen sen suosio on kasvanut tasaisesti. (Insinööritoimisto Olof Granlund Oy, Weisberg, D.E 2008, 28–50)

3.2 CAD/CAM-ohjelmoinnin nykytila

Nykyään Suunnitteluohjelmistoja tarjoaa moni eri valmistaja ja kaikki valmistajat ovat siirtyneet jo 3D-ohjelmiin, vaikka saatavana on edelleen 2D-ohjelmiakin. Moderni CAD-aikakausi on tuonut parannuksia mallinnukseen, sisällyttämällä erilaisia analyyseja ja tuotteiden hallintaominaisuuksia ohjelmiin.

Myös simulointiominaisuudet ovat kehittyneet hurjasti ajan myötä. Vielä 1990-luvulla simulointi oli lähinnä sellainen epämääräinen viuhahdus tietokoneen näytöllä, josta ei saanut oikeastaan mitään selvää. Nykyisissä ohjelmissa simuloinnista pystytään näkemään jo hyvinkin tarkkaan mahdollisia ohjelmavirheitä ja törmäyksiä. Nykyohjelmilla hallitaan koko prosessia suunnittelusta valmistukseen, myyntiin ja kunnossapitoon asti. Tämä tunnetaan lyhenteellä PLM (Product lifecycle management), tuotteen elinkaaren hallinta.

3.3 Konemallien hyödyt simuloinnissa

Simulointi on nykyteollisuudessa noussut erittäin merkittävään asemaan. Viisiakselisia koneistuskoneita ohjelmoitaessa voidaan sanoa, että simulointi on lähes välttämätöntä. Tämän kaltaisten koneiden työsimuloinnissa ei pelkkä terän ja kappaleen simulointi riitä. Simuloinnissa on näyttävä myös itse konemalli ja kaikki sen tekemät liikkeet.

Luotettavan konesimuloinnin ansiosta aikaa vievää koekappaleiden ajoa ei tarvita. Tämän takia säästetään arvokasta työaikaa ja työkappaleita. Koekappaleet tulevat todella kalliiksi, ja mitä isompi kappale on kyseessä, sen enemmän sen hinta korostuu.

Nämä edellä mainitut asiat johtavat siihen, että simulointia käyttämällä pystytään saamaan aikaan isojaakin taloudellisia säästöjä. (Eurometalli 2011, 38)

Ongelmia kuten törmäyksiä ja koneen ulottumaa pystytään tarkastelemaan simuloinnin avulla erittäin tarkasti ja myös välttämään vahingot. Työstöohjelman erilaisia variaatioita pystytään helposti testaamaan simuloinnin avulla, ja koneaika pystytään optimoimaan ja määrittelemään tarkasti. (Mortimore 2011, 14-18)

4 KOULUN KÄYTÖSSÄ OLEVAT TYÖSTÖKONEET

Tässä osiossa esitellään Tampereen Ammattikorkeakoulun opetuskäytössä olevat CNC-ohjattavat työstökoneet. Tampereen Ammattikorkeakoulun tuotantotekniikan koulutuksen käytössä on kolme CNC-ohjattavaa työstökonetta, joita opiskelijat käyttävät harjoitustehtävissä. Tuotantotekniikan koulutus on myös saanut pienimuotoisia tuotantotöitä tamperelaisilta yrityksiltä, joita opiskelijat ovat päässeet tekemään opettajan valvonnassa.

4.1 Emco-sorvi

Emcon Maxxturn 65 -sorvi (Kuva 1) on vaaka karainen CNC-ohjattu sorvi, ja se on hankittu koululle vuonna 2005. Emcon sorvi on mielestäni juuri oikean kokoinen opetuskäyttöön ja se soveltuu erittäin hyvin alle 500 mm halkaisijaltaan olevien kappaleiden sorvaamiseen. Tässä Emcon sorvissa on käytössä kyselevä Fanucin 18i TB CNC -ohjaus. Pääkaran maksimi pyörimisnopeus on 5000 1/min, maksimiteho on 29 kW ja maksimi vääntömomentti on 250 Nm. Sorvin maksimiliikkeet ovat X,Y ja Z: 260, 80 ja 610 mm, sekä liikenopeudet ovat X,Y ja Z: 30,15 ja 40 m/min.



KUVA 1. Emco Maxxturn 65

Emcon sorvilla pystytään tekemään myös pienimuotoisia jysintätoita koneessa olevien Y-akselin ja C-akselin aksioista. Y-akselilla tarkoitetaan akselia jonka liike mahdollistaa terän poikkeaman sorvauskappaleen keskiöstä vertikaalisessa suunnassa. C-akselilla käytännössä tarkoitetaan sitä, että pääkara pystytään paikoittamaan ja siirtämään pyörimissuunnassa haluttuun pisteeseen. Näin ollen koneen ohjelma tunnistaa jatkuvasti karan aseman ja karaa pystytään pyörittämään esimerkiksi pyörivien työkalujen kanssa syöttöliikkeellä jompaankumpaan pyörimissuuntaan.

Emcon-sorvissa on 12 teräpaikan työkalurevolveri, josta jokaiseen on mahdollisuus laittaa pyörivä työkalu. Pyörivien työkalujen maksimi pyörimisnopeus on 5000 1/min, teho on 6,7 kW ja maksimi vääntömomentti on 25 Nm. (Emco-world 2014)

4.2 Bridgeport-työstökeskus

Bridgeport VMC 600 on pystykarainen CNC-ohjattu työstökeskus (Kuva 2). Tämä kone on hankittu koululle vuonna 2001, ja se kone on kolmeakselinen. Bridgeportin konemalli on jo melko vanha, mutta ajaa hyvin asiansa opetuskäytössä. Koneessa on Heidenhainin TNC 370 CNC-ohjaus. Bridgeportin maksimiliikeradat ovat X, Y ja Z: 600, 410 ja 520 mm, ja karan maksimi pyörimisnopeus on 6000 1/min. Bridgeportin karan maksimitehoksi valmistaja antaa 7,5 kW. Työpöydän koko on 840 x 420 mm. Bridgeportissa on 22 työkalupaikan työkalumakasiini, joka mahdollistaa jo hieman vaativammankin kappaleen työstämisen niin, että ohjelmaa ei tarvitse pysäyttää kesken ajon. (Paasisalo 2014)



KUVA 2. Bridgeport VMC 600

4.3 Deckel-Maho -työstökeskus

Deckel-Maho DMG DMC 60 H Hi-Dyn on vaakakarainen CNC-ohjattu työstökeskus (Kuva 3). Kyseinen kone on hankittu ja valmistettu vuonna 2003. Tämäkään kone ei ole aivan uusi, mutta soveltuu hyvin opetuskäyttöön. Kyseinen työstökeskus toimisi myös tuotannossa erittäin hyvin. Tässä Deckel-Mahon työstökeskuksessa on Simensin Sinumerik 840 D -ohjaus. Karan maksimi pyörimisnopeus on 15000 1/min. Koneistuskeskuksen maksimi liikeradat ovat X,Y ja Z: 600, 560 ja 560 mm.



KUVA 3. Deckel-Maho DMC 60 Hi-Dyn. (Tomi-Pekka Nieminen)

Työpöydän ulkomitat ovat 500 x 400 mm, ja koneessa on myös paletin vaihtaja. Koneessa on myös 40 työkalupaikan työkaluvaihtaja, joka mahdollistaa monimutkaisemmankin työkappaleen työstämisen. (Kuutto 2015)

5 CENIC FINLAND OY JA CIBBSCAM-OHJELMA

Cenic Finland Oy on perustettu vuonna 1998 ja se on konepaja-automaatioalan ohjelmistoihin, koulutukseen ja NC-ohjelmointiin erikoistunut yritys. Yritys tunnettiin aikaisemmin nimellä tmi CNC Palvelu Know-How, mutta sen nimi ja yritysmuoto muuttuivat nykyiseen muotoonsa vuonna 2009. Yrityksellä on vankka käytännön kokemus NC-koneistuksesta ja ohjelmoinnista eri ohjausjärjestelmillä. Cenic Finland Oy on GibbsCAM-ohjelmiston jälleenmyyjä Suomessa. Yritys kouluttaa ja antaa teknistä tukea kyseisen ohjelmiston käyttöön liittyvissä asioissa. (Tahvanainen 2013, 8)

GibbsCAM-ohjelmisto on kehitetty jo 1980-luvun alkupuolella Yhdysvalloissa ja se on yksi vanhimmista CAD/CAM-ohjelmistoista maailmassa. Ohjelmisto on periaatteessa samanlainen kuin kaikki muutkin tämän tyyppiset ohjelmistot. Sen avulla pystytään piirtämään ja mallintamaan kappaleita ja tekemään työstöradat erilaisille työstökoneille. Ohjelmisto on kuitenkin painottunut enemmän CAM-ohjelmointiin, joten varsinaiset CAD-ohjelmat ovat paljon monipuolisempia CAD-mallinnuksessa kuin GibbsCAM-ohjelma. Ohjelmiston vahvuutena pidetään sen helppokäyttöisyyttä. Ensiksi ohjelmisto kehitettiin Macintosh-käyttöjärjestelmälle, mutta myöhemmin PC-koneiden yleistymisen myötä ohjelmistosta ilmestyi myös Windows-versio ja se on saavuttanut suurta suosiota. Ohjelmistoa saa vielä nykyisinkin molemmille käyttöjärjestelmille. (Tahvanainen 2013, 8)

GibbsCAM on erittäin nykyaikainen CAD/CAM-ohjelmisto, jonka monipuolisuus ja helppokäyttöisyys ovat sen suurin vahvuus kilpailijoihin nähden. Jyrsintäpuolella sillä voidaan ohjelmoida 2,5-akselisista perinteisistä tuotantojyrsinkoneista aina 5-akselisiin nykyaikaisiin koneistuskeskuksiin saakka. Sorvauspuolella sillä voidaan ohjelmoida 2-akseliset perussorvit ja moniakseliset pyörivillä työkaluilla varustetut sorvit sekä monikanavaiset vastakarasorvit. (Tahvanainen 2013, 8)

6 GIBBSCAM-OHJELMAN VAATIMUKSET KONEMALLILTA

GibbsCAM-ohjelmassa olevan Build Machine -toiminnon avulla luodaan koneen kokoonpanotiedosto, joka esittää työstökonemallia. Konemalli tosin voidaan luoda millä tahansa mallinnusohjelmalla ja mallinnuksen jälkeen konemalli tuodaan GibbsCAM-ohjelmaan.

Konemalli voi olla niin yksinkertainen kuin vain mahdollista, vähimmäisvaatimuksena on että, jokainen koneen akseli ja ensisijainen komponentti, kuten esimerkiksi pöytä, pakka tai koneen kara pitää mallintaa. Toisaalta konemalli voi olla hyvin monimutkainen, jossa on mallinnettu kaikki ruuvit, mutterit ja esimerkiksi ohjaimen painikkeet. Koneen valmistajilta ostetut konemallit ovat yleensä viimeistä piirtoa myöten mallinnettuja, eli niissä on erittäin paljon yksityiskohtia, joilla ei varsinaisesti simuloinnin kannalta ole merkitystä. Vaativuustason määrittelee konemallin luoja, mikäli muualta tulleita vaatimuksia ei ole. Konemallin tarkoitus on kuitenkin esittää kyseessä olevaa konetta, minkä takia strategisten osien on oltava oikean kokoisia, ja koneen työstötilan mitoituksen on oltava todellisuutta vastaava. Esimerkiksi työstökeskuksen ulkokuoren mitoituksen on syytä olla samannäköinen kuin oikeassa koneessakin, mutta muutaman millimetrin heitolla ei tässä kohdassa ole merkitystä, koska koneen työkalut eivät milloinkaan pääse niin lähelle ulkoseiniä että ne osuisivat siihen. (GibbsCAM 2014)

7 KONEMALLIT

Konemallien hankinnassa oli ajatuksena saada maahantuojalta Emcon sorviin valmis konemalli, ja Deckel-Mahoon oli tarkoitus saada konemalli Fastemssilta, koska yritys on aikaisemmin maahantuonut konetta. Bridgeportin suhteen ajatuksena oli että konemalli joudutaan mallintamaan itse, koska kone on sen verran vanha, että konemallia ei oletettavasti ole saatavana edes valmistajalta.

Deckel-Mahon osalta tilanne on se, että koneen konemallin hankinta on edelleen harkinta-asteella, joten eri osapuolien kanssa päädyimme siihen, että emme käsittele sitä tässä opinnäytetyössä enempää. Jos konemalli tulee hankituksi, niin siinä on odotettavissa samankaltaiset toimenpiteet kuin Emcon sorvin konemallin kanssa.

7.1 Emcon konemalli

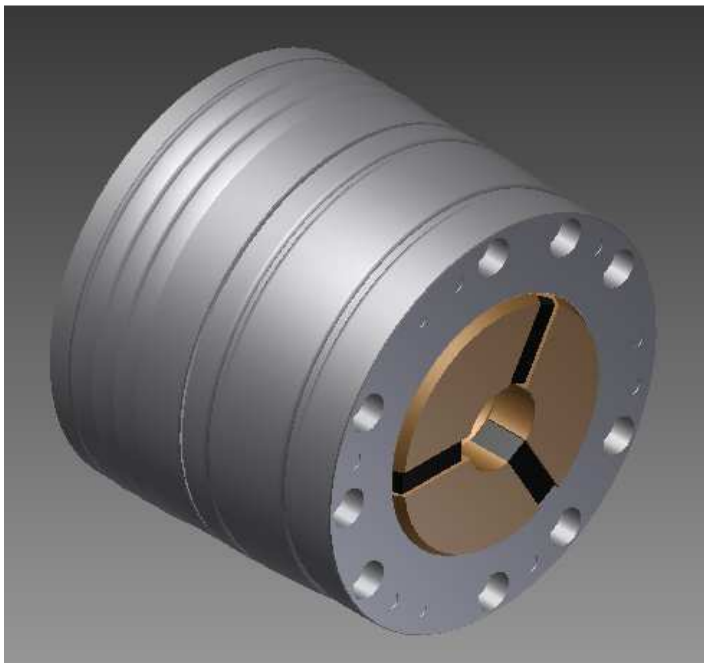
Emcon konemallin suhteen tilanne oli periaatteessa selkeä siinä mielessä, että konemalli oli saatavana, mutta ei suinkaan ilmaiseksi, niin kuin aluksi luultiin. Tampereen Ammattikorkeakoulu kuitenkin päätti ostaa konemallin. Konemalli oli niin yksityiskohtainen kuin aikaisemmin jo todettiin valmistajien tekemistä konemalleista. Yksityiskohtien runsas lukumäärä aiheuttaa ongelmia kinematiikan luomisen suhteen. Tästä syystä GibbsCAMin edustajalta, joka tekee kinematiikat konemalleille, tuli toivomus, että konemallia yksinkertaistettaisiin mahdollisimman paljon. Kustannussyistä tämä tehtävä annettiin opinnäytetyön tekijälle.

Aluksi piti pohtia järkevä komponenttien määrä, eli kuinka paljon konemallia voidaan yksinkertaistaa ja miten se toteutetaan. Tässä tilanteessa on järkevää käyttää olemassa olevaa konemallia, kun vaihtoehtona olisi mallintaa koko kone uudestaan. Samalla tulee miettiä komponenttien määrää ohjaavat tekijät, joita konemalleissa ovat liikeakselit, koska konemalliin on jäätävä liikkeet, jotka siinä oikeastikin ovat. Tämän sorvin akselit olivat X, Y, Z ja C. X ja Y-akseleiden liikkeet liikuttavat työkalurevolveria kahteen eri suuntaan, joten tämä kokonaisuus on tehtävä kahdesta eri komponentista. C-akseli on karan pyörimistä kuvaava akseli, minkä vuoksi pakan on oltava oma liikkuva komponenttinsa. Z-akseli on työkalurevolverin liike koneen pituussuunnassa ja sen pitää olla oma komponenttinsa. Tässä vaiheessa on käsitelty kaikki liikeakselien

komponentit. Tämä ei kuitenkaan vielä riitä, liikkuvia komponentteja koneessa on vielä kärkipylkkä, revolverin pyöritys, eli työkalun vaihto, ja koneen ovi. Koneen ovi haluttiin ohjelmallisesti aukeavaksi, mistä syystä sen pitää toimia samoin myös simuloinnissa. Tämän lisäksi on vielä koneen ulkokuori, runko ja yksi koneen sisällä oleva pellitys. Nämä eivät ole liikkuvia komponentteja, mutta niiden pitää kuitenkin ehdottomasti olla osana konemallia.

Kaiken kaikkiaan konemallin yksinkertaistamisessa päädyttiin kahdeksaan eri komponenttiin, kun niitä alun perin oli varmasti toistasataa. Komponentit pitää rajata koneen todellisista liikerajapinnoista, jotta konemalli toimisi simuloinnissa todenmukaisesti.

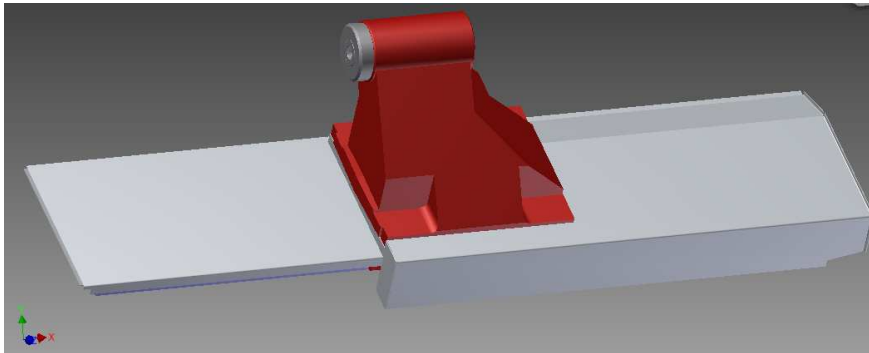
Konemallin yksinkertaistaminen aloitettiin helposta komponentista erottamalla pakka (Kuva 4) alkuperäisestä konemallista ja tallentamalla omaksi komponentikseen. Pakka oli suhteellisen helppo erottaa, koska se oli erittäin selkeä kokonaisuus.



KUVA 4. Sorvin pakka.

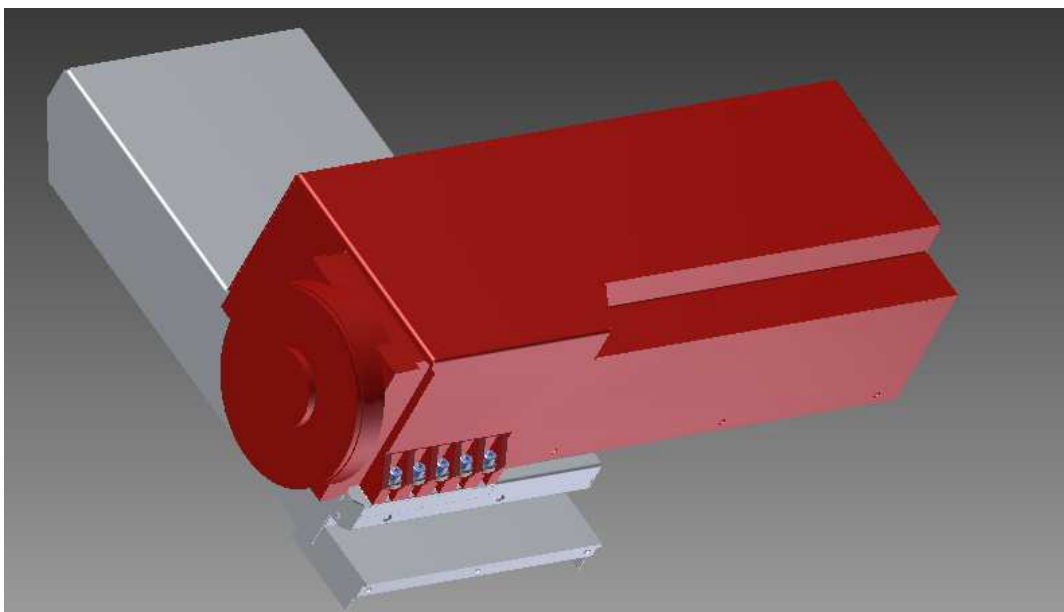
Tällainen kokoonpanon muuttaminen yhdeksi komponentiksi tapahtuu eri ohjelmissa eri tavoilla. Tämän opinnäytetyön puitteissa on käytetty Autodesk Inventoria. Tässä ohjelmassa kokoonpanon muuttaminen yhdeksi komponentiksi ei onnistu yhtä helposti, kuin joissain toisissa ohjelmissa. Kyseisessä ohjelmassa pitää aloittaa uusi osan suunnittelu ja avata haluttu kokoonpano siihen yhdeksi osaksi ja tallentaa omana osanaan.

Kärkipylkänkin (Kuva 5) erottaminen oli helppoa, koska konemallin valmistaja oli tehnyt tästä selkeän erillisen kokonaisuuden, jonka pystyi erottamaan helposti. Kärkipylkän kokonaisuudessa oli mukana suojapeltejä ja liukukiskot, joita pitkin pylkkä siirtyy.



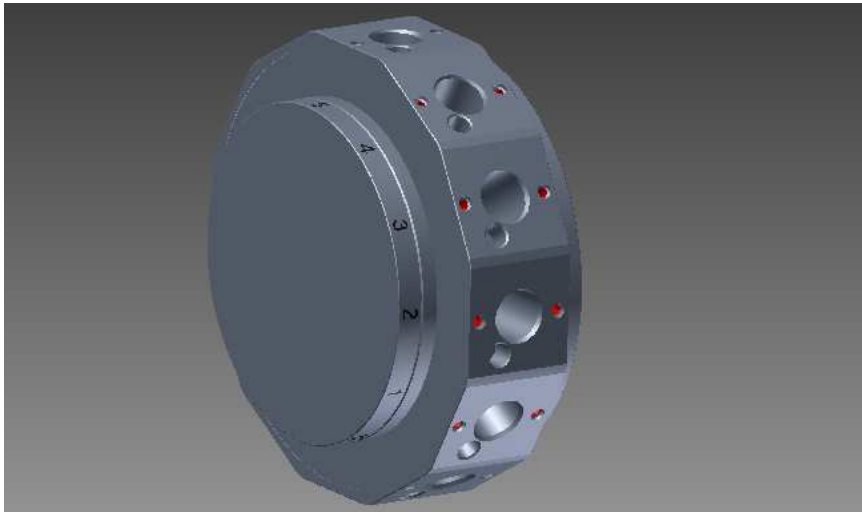
KUVA 5. Kärkipylkkä.

Revolverin (Kuva 6) erottaminen oli jo hieman vaikeampi tehtävä, koska sen osia oli eri kokoonpanotiedoissa. Komponentteja piti erottaa eri kokonaisuuksista ja tehdä uusi kokonaisuus, johon kaikki tarvittavat osat kokoonpantiin uudestaan ja tämän jälkeen pystyttiin tekemään tästä yksi osa.



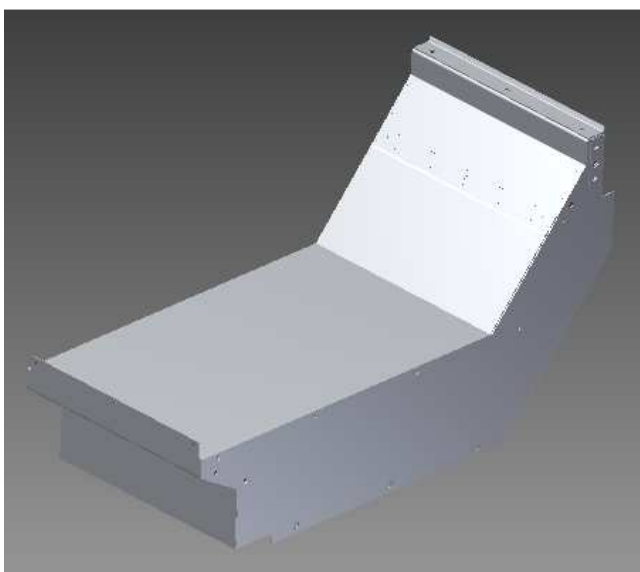
KUVA 6. Revolveri kokonaisuudessaan.

Revolveriin liittyen tässä kohdassa on hyvä muistaa niin sanottu työkalumakasiini, eli itse revolverin pyörivä työkaluvaihtaja (Kuva 7). Työkaluvaihtaja oli taas helppo erottaa kokonaisuudesta koska se oli oma kokonaisuus.



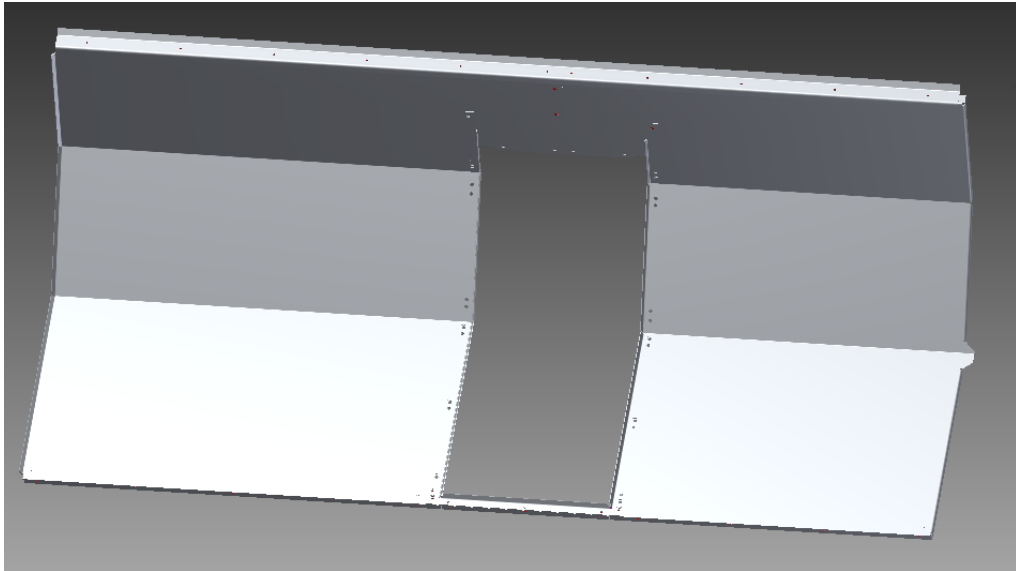
KUVA 7. Työkaluvaihtaja.

Revolveri-kokonaisuuden alla on osakokonaisuus jolla saadaan aikaan X-akselin suuntainen liike. Osakokonaisuus sisältää käytännössä pienen levyistä valmistetun rungon, liukukiskot, kuulamutteriruuvit ja suojapeltejä. Tätä osakokonaisuutta nimitetään tässä työssä revolverin pelliksi (Kuva 8). Osan erottaminen alkuperäisestä kokonaisuudesta oli melko haastavaa, koska kuten revolverikin tämä oli osana isompaa kokonaisuutta.



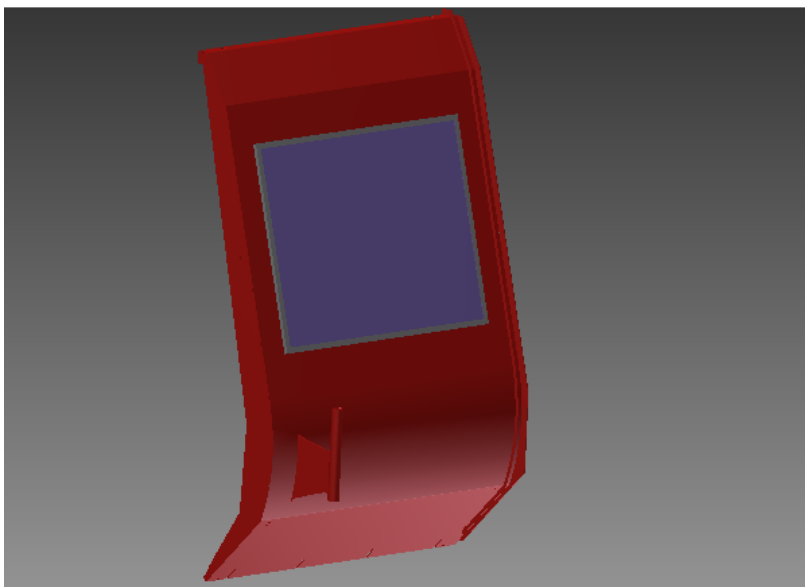
KUVA 8. Revolverin pelti.

Z-akselin suuntaisen liikkeen näkyvät osat rajoittuvat lähinnä suojapeltiin, jonka alla piilossa olivat liukukiskot, kuulamutteriruuvit ja runko. Samoin kuin aikaisemmin mainitun Revolverin, myös tämän osan erottaminen alkuperäisestä kokonaisuudesta oli melko haasteellista, koska tämä oli osana isompaa kokonaisuutta. Tätä kokonaisuutta nimitettäköön takapelliksi (Kuva 9).



KUVA 9. Takapelti.

Ovi (Kuva 10) oli myös osa yhtä isompaa kokonaisuutta, mutta ovi oli melko selkeä vaikka siinä joutuikin tekemään hieman ylimääräistä työtä. Tämä tarkoitti sitä, että ovea muokatessa joutui tekemään uuden kokoonpanon ja tallentamaan tämän uudeksi osaksi.



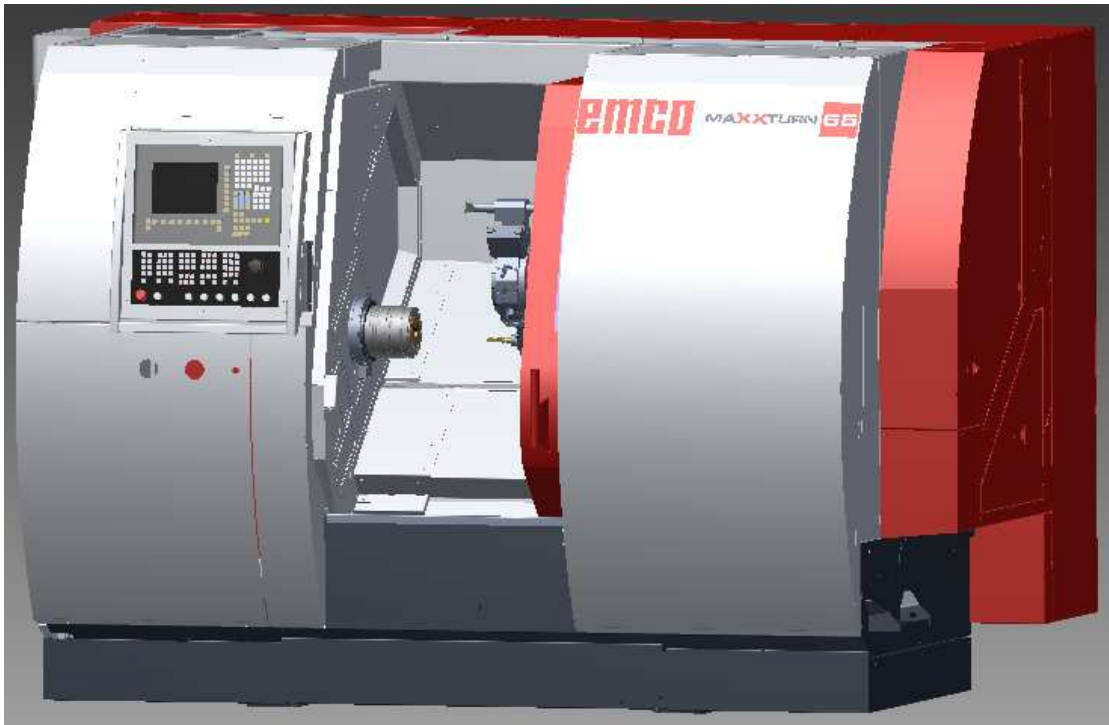
KUVA 10. Ovi.

Jäljelle jää enää runko, sisäpellit ja ulkokuoret. Nämä kaikki osat olisi ollut mahdollista yhdistää yhdeksi komponentiksi, mutta käytännössä koneen kokoonpano olisi käynyt erittäin vaikeaksi. Tästä syystä koneen runko jaettiin kolmeen osaan. Nämä kolme osaa on esitelty yhtenä kokonaisuutena kuvassa 11.



KUVA 11. Runko.

Kaikki edeltävät osat täytyi koota uudestaan, jotta konemalli saatiin taas näyttämään valmiilta kokonaisuudelta. Lopputuloksena saatiin yksinkertaistettu Emcon konemalli, joka on kokonaisuudessaan kuvassa 12.



KUVA 12. Emcon konemalli

7.2 Bridgeportin konemalli

Bridgeportin konemallin mallinnuksen kannalta Emcon konemallin kanssa työskentely avarsi ja antoi erittäin hyvän tuntuman tarkkuuteen, jolla konemallia piti alkaa mallintamaan. Bridgeportin konemallin kanssa työskentely lähti siinä mielessä erilaisesta tilanteesta liikkeelle, että mallintaminen piti aloittaa alusta. Mallintaminen siis lähti siitä, että alettiin mitata koneen eri osien mittoja ja piirtämään itselle muistiinpanopiirustuksia käsin. Samaan aikaan piti miettiä taas komponenttien järkevää lukumäärää ja komponenttien suhdetta toisiinsa koneen liikeratojen näkökulmasta. Lähtökohtana olivat samat periaatteet, kuin Emcon konemallinkin kanssa, eli liikeakselit määrisivät komponenttien rajapinnat. Tässä koneessa ei ole kuin kolme liikeakselia X, Y ja Z. X ja Y liikkeet tulevat pöydästä, jonka vuoksi tämä kokonaisuus oli tehtävä kahdesta komponentista. Z-akselin suuntainen liike tulee karalaatikosta, joka liikkuu vertikaalisesti. Tämän vuoksi siihen riittäisi yksi komponentti. Terän pyöriminen kuitenkin haluttiin näkyvän simuloinnissa, jolloin tähän kokonaisuuteen piti tehdä toinenkin komponentti, itse pyörivä kara-akseli.

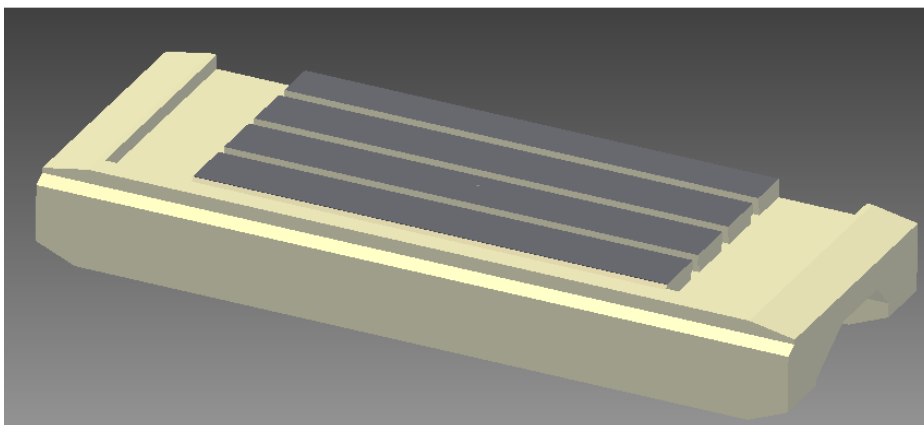
Työkalumakasiini kokonaisuudessa on kolme liikkuvaa osaa ja yksi kiinteä, jonka olisi voinut yhdistää runkoon tai ulkokuoreen. Tätä ei kuitenkaan yhdistetty kumpaankaan kokonaisuutteen kokoonpanon helpottamiseksi. Yksi erillinen liikkuva osa on koneen ovi. Näiden lisäksi koneeseen kuuluu runko ja ulkokuori. Lopputuloksena päädyttiin siihen tulokseen, että tähän koneeseen tuli yksitoista eri osaa.

Mallintaminen aloitettiin ulkokuoresta (Kuva 13), johon yhdistettiin koneen alapuolella oleva erillinen jalka, joka kannattelee koneen etuosaa koko sen matkalta.



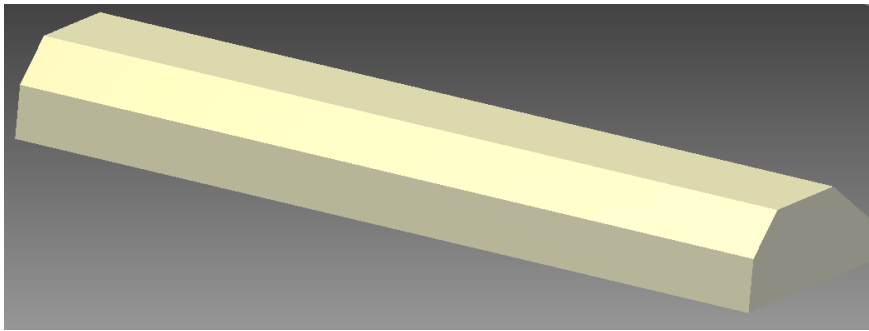
KUVA 13. Ulkokuori.

Tämän jälkeen siirryttiin koneen sisäosiin, joista seuraavaksi mallinnettiin koneen pöytä (Kuva 14) Tämä osa tekee koneen X-akselin suuntaisen liikkeen.



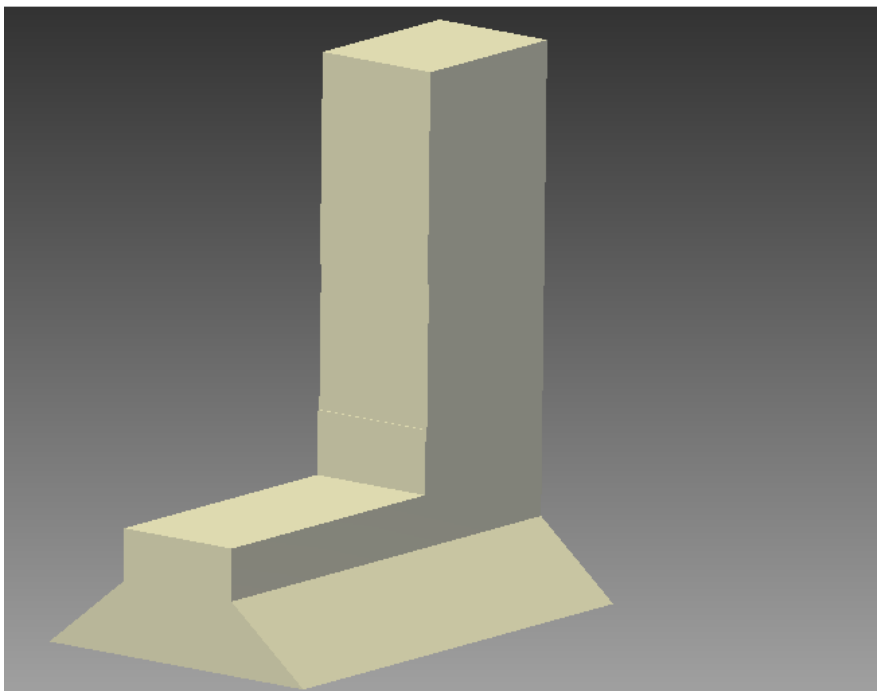
KUVA 14. Pöytä

Seuraavaksi mallinnettiin pöydän väliosa (Kuva 15), joka tässä mallissa on hyvin yksinkertainen palkki, mutta mahdollistaa koneen Y-akselin suuntaisen liikeradan.



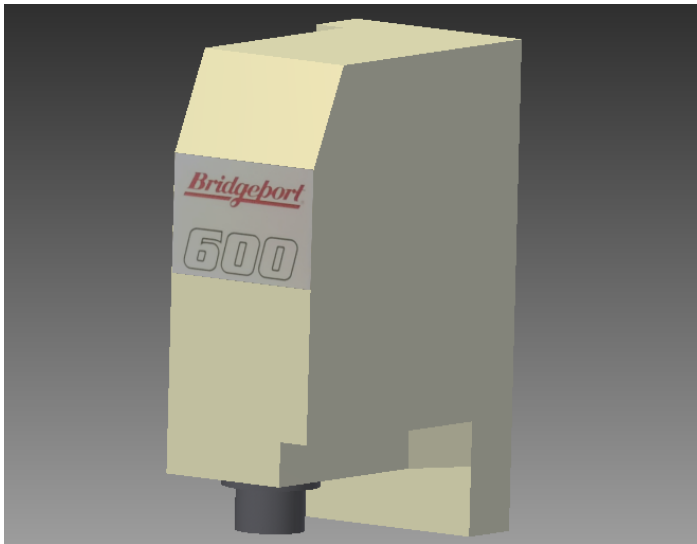
KUVA 15. Pöydän väliosa.

Runko (Kuva 16) on yksinkertaistettu malli koneen rungosta, jossa on kaikki tarvittavat strategiset mitat, jotta konemallista tulee todellisuutta vastaava. Pystypintaa vasten kulkee karalaatikko ja vaakapintaa vasten kulkee pöydän väliosa.

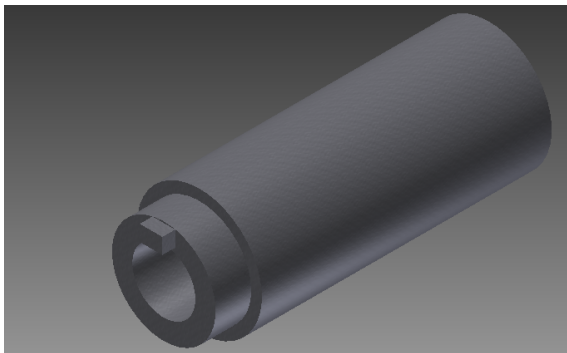


KUVA 16. Runko.

Karalaatikko (Kuva 18) toteuttaa koneen Z-akselin suuntaisen liikeradan. Karalaatikko-kokonaisuuteen kuuluu itse pyörivä kara-akseli (Kuva 18), johon koneistustyökalu kiinnitetään.

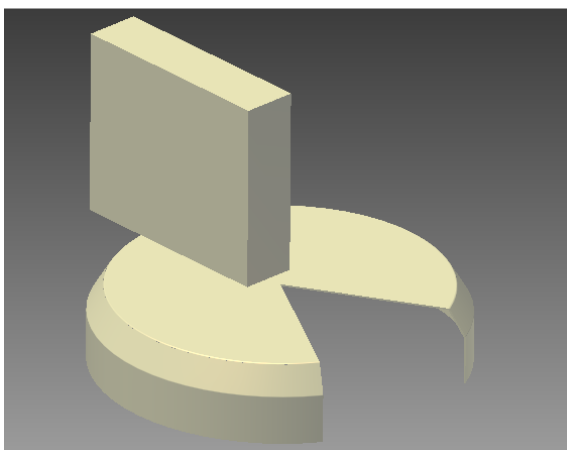


KUVA 17. Karalaatikko.



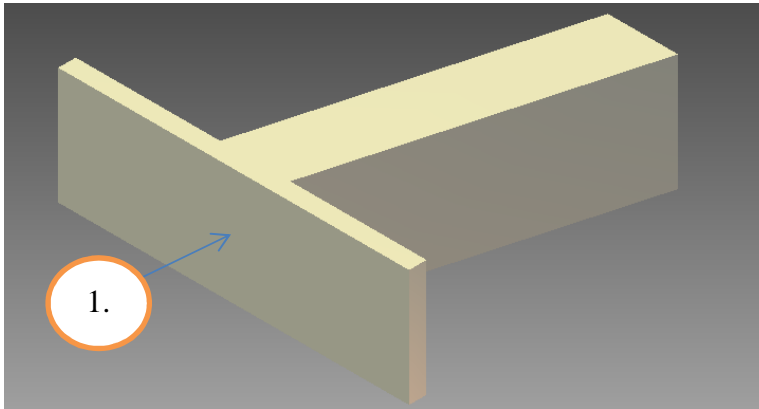
KUVA 18. Kara-akseli.

Työkalumakasiini oli melko monimutkainen kokonaisuus verrattuna muuhun koneeseen, koska siinä oli lähes yhtä paljon liikkuvia osia kuin muussa koneessa. Mallintaminen aloitettiin työkalumakasiininrungosta (Kuva 19).



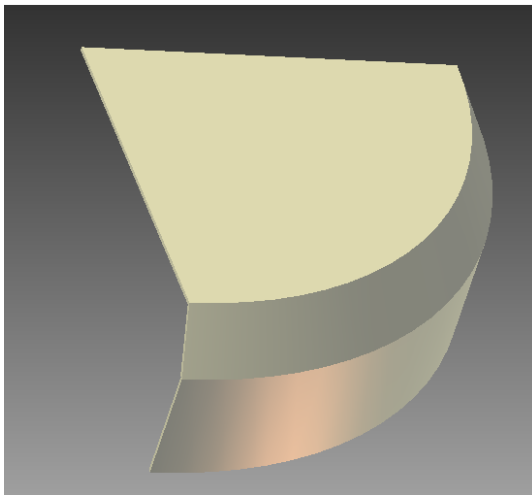
KUVA 19. Työkalumakasiinin runko.

Työkalumakasiinin runko liukuu työkalumakasiinin jalan (Kuva 20) liukupintaa pitkin, työkaluvaihdossa koneen X-akselin suunnassa niin, että työkalumakasiinin työkalupitimestä oleva hahlo tulee kara-akselin alle.



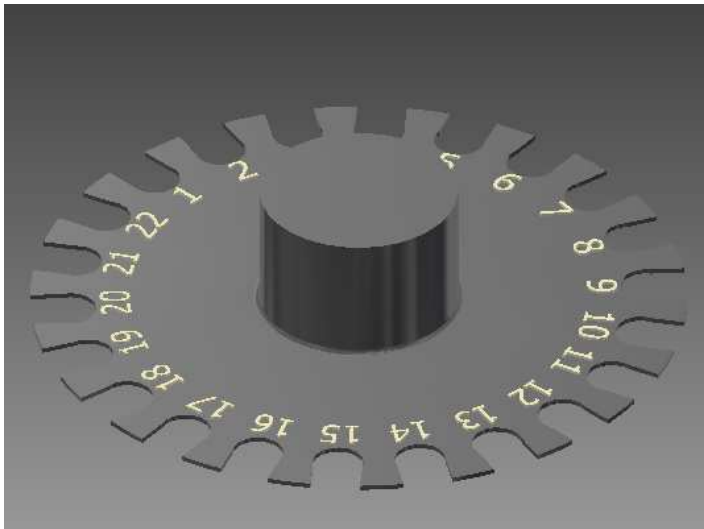
KUVA 20. Työkalumakasiinin jalka. 1. Liukupinta

Työkalumakasiinissa on myös aukeava luukku, joka aukeaa silloin kun kone käynnistää työkalun vaihto-ohjelman. Työkalumakasiiniin luukku (Kuva 21) peittää kiinni ollessaan aukkoa, joka on työkalumakasiinin rungossa.



KUVA 21. Työkalumakasiiniin luukku.

Työkalumakasiinissa on vielä yksi olennainen osa, työkalupidin (Kuva 22), jossa työkalut ovat kiinni ja josta kone sitten noutaa työkalut vaihdettaessa. Työkalupidin sijaitsee työkalumakasiinin rungon sisällä ja näkyy siinä olevasta aukosta. Työkalupitimestä on myös numeroidut työkalupaikat.



KUVA 22. Työkalupidin

Bridgeportin konemalli (Kuva 23) saatiin kun yhdistettiin kaikki edellä mainitut osat toisiinsa niin, että konemalliin jäi oikean suuntaiset liikkeet jokaiselle liikkuvalla osalle.



KUVA 23. Bridgeportin konemalli.

8 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia konemallien saatavuutta uuden CAM-ohjelman simulointia varten, sekä CAM-ohjelman tarvitseman kinematiikan luomista, jota ohjelma tarvitsee konemallien ymmärtämiseksi. Tavoitteena oli saada Tampereen ammattikorkeakoululle konetekniikan osaston tuotantotekniikan opetuksen käyttöön konemallit, joita pystytään hyödyntämään uuden GibbsCAM-ohjelman simuloinnissa.

Tämän opinnäytetyön sisältö ja tavoitteet elivät hieman lähes koko työn ajan, mutta se ei kuitenkaan kovin paljoa muuttanut lopputulosta. Lopputuloksena saatiin hankittua ja mallinnettua konemallit kahdelle koulun koneelle, eli Emcon sorville ja Bridgeportin työstökeskukselle. Deckel-Mahon työstökeskuksen konemalli jäi vielä tämän työn osalta hankinta-asteelle, mutta ilmeisesti tämäkin hankinta on hiljalleen etenemässä.

Emcon konemallin osalta työ muuttui siinä mielessä, että valmistajalta ostetun konemallin oletettiin olevan valmis käytettäväksi simuloinnissa, mutta näin ei kuitenkaan ollut. GibbsCAMin-edustajan toimesta tuli informaatio, että konemalli oli liian monimutkainen ja sitä pitäisi yksinkertaistaa. GibbsCAMin-edustajan mukaan konemallia olisi voinut käyttää sellaisenaankin, mutta se olisi aiheuttanut erittäin paljon vaikeuksia kinematiikan luomisessa. Tästä syystä lisätyöksi tuli konemallin yksinkertaistaminen. Bridgeportin konemallin osalta kaikki meni niin kuin etukäteen oli suunniteltukin eikä mitään yllätyksiä tullut vastaan.

Opinnäytetyön näkökulmasta tilanne oli mielestäni aluksi erittäin sekava, koska oletuksena oli, että konemallit olisi saatu koneiden valmistajilta ilmaiseksi. Lisäksi vaikeuksia aiheutti erittäin vähäinen teoreettinen lähdeaineisto koskien koko opinnäytetyötä. Lähdettyäni selvittämään maahantuojailta konemallien saatavuutta ilmeni melkein heti, että konemallit eivät ole ilmaisia vaan ne voidaan tarvittaessa ostaa optioina koneisiin. Tampereen ammattikorkeakoulu päätti investoida Emcon konemalliin ja näin päästiin työssä eteenpäin. Tosin Bridgeportiin konemallia ei ollut saatavana, koska kone oli sen verran vanha ja tämä oli ollut tiedossakin alusta alkaen. Deckel-Mahon osalta tilanne on edelleen se, että konemallin hankinta on edelleen kesken.

GibbsCAMin-edustajan kanssa neuvoteltuani tulin siihen tulokseen, että kinematiikan tekemismahdollisuus osoittautui lähes mahdottomaksi resurssien osalta. Edustajan mukaan kinematiikan luominen olisi vaatinut ainakin kahden kuukauden mittaista harjoittelua, ja se olisi ollut tietysti maksullista koulutusta. Tämän informaation jälkeen päätimme opinnäytetyön ohjaajani kanssa, että kinematiikka-osio jätetään pois tästä työstä ja se jää GibbsCAMin tehtäväksi.

Lopputulos tämän opinnäytetyön osalta on mielestäni kuitenkin onnistunut sillä konemallit kahteen koneeseen ovat olemassa ja kolmanteen työn alla. Jatkossa odotetaan vain miten GibbsCAMin-edustaja saa konemallit ohjelmaansa ja simuloinnin toiminaan.

LÄHTEET

Emco-word www- sivut. Luettu 6.11.2014

<http://www.emco->

[world.com/en/products/industry/turning/cat/10/d/2/p/16%2C10/pr/maxxturn-65.html](http://www.emco-world.com/en/products/industry/turning/cat/10/d/2/p/16%2C10/pr/maxxturn-65.html)

Eurometalli. 2011. Tehokkuutta viisiakselisella työstöllä. Metalliteollisuuden erikoislehti 2/2011, 38

GibbsCam Opintomateriaali

Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Granlundin 50-vuotishistoriikista

Kuutto, M. Myyjä 2015. Deckel-Mahon spesifikaatiot. Mauri.kautto@mtcenter.fi. Sähköpostiviesti. Luettu 30.1.2015.

Mortimore, G. 2011. Simuloimalla koneistus lentoon. Metalworking world 2/2011, 14–18.

Paasisalo, J. Aluemyyntipäällikkö. Bridgeportin spesifikaatiot. jussi.paasisalo@flextek.fi. sähköpostiviesti. Luettu 18.11.2014.

Tahvanainen, J. 2013. GibbsCAM-multimediaopintomateriaali. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Tampereen Ammattikorkeakoulu www-sivut. 2014. Luettu 29.11.2014
<http://www.tamk.fi/>

Weisberg, D. E. 2008. The Engineering Design Revolution